

## INGINERIE AGRARĂ ȘI TRANSPORT AUTO

CZU 621.436:662.756+631.372

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА

*В. СЛЮСАРЕНКО<sup>1</sup>, Г. ГАНЯ<sup>2</sup>, И. ЛАКУСТА<sup>3</sup>, Е. БАНАРЬ<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>АО « Alimentarmac »*

*<sup>2</sup>Технический университет Молдовы*

*<sup>3</sup>Государственный аграрный университет Молдовы*

**Abstract.** The description of the construction and the technological process of the installation for biofuel production are presented in the work. The principle of installation operation is described. The quality indices of the biofuel are defined. The economical efficiency of the installation implantation is given.

**Key words:** Catalyst, Diesel engine, Efficiency, Installation, Rape, Rape oil.

#### ВВЕДЕНИЕ

На фоне введения роста цен на нефть будущее биотоплива, получаемого из растительного сырья, является одной из актуальных проблем в мире. Производство биотоплива растёт, но его современные объёмы обеспечивают менее 3% мирового спроса на автомобильное топливо.

Одним из наиболее распространённых видов биотоплив является биодизель (biodiesel), которыми являются эфиры высших жирных кислот и низших спиртов. Их получают в результате химической реакции переэтерификации растительных масел или животных жиров спиртами, чаще всего метанолом, в присутствии катализатора. Продуктами реакции являются моноэфиры, известные как метиловые эфиры жирных кислот (биодизель) и глицерин. В странах ЕС и США такие топлива, как метиловый эфир рапсового масла (Rape Methyl Ester –RME) и метиловый эфир соевого масла (Soy-dean Methyl Ester –SOME), известные ещё как метиловые эфиры жирных кислот (Fatty Acid Methyl Esters – FAME), уже давно применяются в качестве альтернативного топлива и добавок к традиционным топливам. Как показал более чем 20-летний опыт эксплуатации дизельных двигателей различного назначения, конвертация их на биодизель не требует никакого изменения в конструкции дизеля. Несмотря на некоторое увеличение (до 10%) расхода биодизеля при работе двигателя на нём, значительно (на 25ч50%) уменьшается эмиссия вредных веществ с отработанными газами, что позволяет использовать этот вид топлива для двигателей при их работе в экологически уязвимых местах (городская зона, зоны отдыха и др.). Кроме того, биодизель полностью распадается на неагрессивные по отношению к окружающей среде компоненты. Кроме повышенного расхода, биодизель всё же обладает некоторыми недостатками, такими как повышенная вязкость и коксуемость. Несмотря на это, производство биодизеля в мире расширяется, идёт поиск технологий, улучшающих его характеристики (Gh. Hubca et al., 2008).

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Процессы производства биодизеля можно классифицировать по принципу режима работы на работающие в периодическом или циклическом режиме и на работающие в непрерывном режиме. Эти признаки дают названия технологическим процессам или технологиям производства биодизеля: периодическая (циклическая) технология или непрерывная (поточная) технология. Применение той или иной технологии обусловлено, в первую очередь, объёмами производства биодизеля. При относительно небольших объёмах производства (450ч900 тонн биодизеля в год) предпочтительна периодическая (циклическая) технология производства, как более простая и универсальная, не требующая больших затрат. Схема вышеуказанного технологического процесса приведена на рис.1.

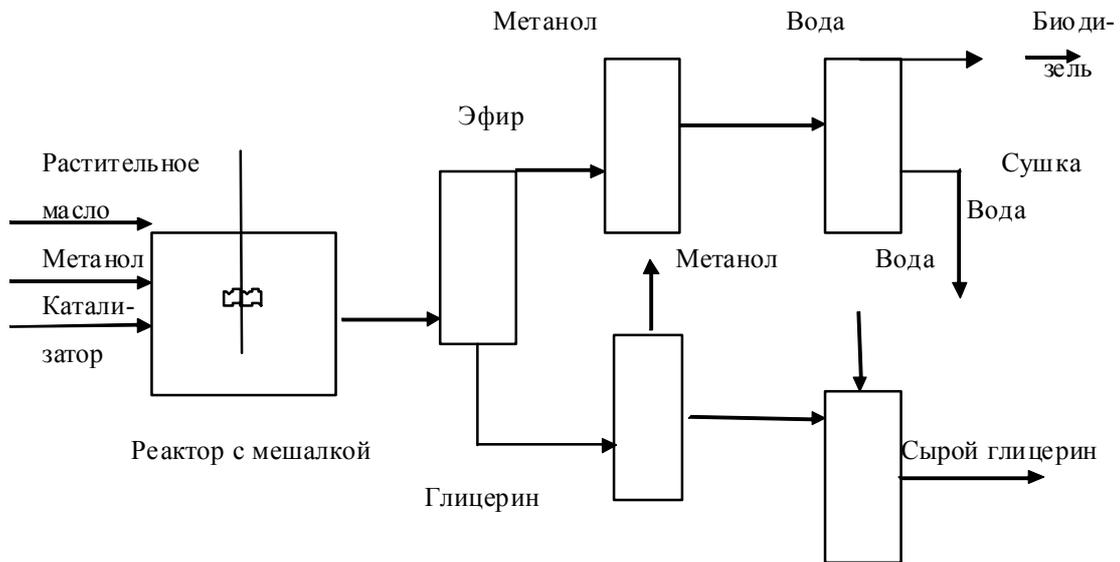


Рис.1. Циклическая технология с использованием катализаторов

АО «Алиментармаш» в сотрудничестве с Техническим университетом Молдовы разработало техническую документацию на установку для производства биотоплива циклического действия. По этой документации был изготовлен опытный образец установки, получивший название М8-КПБ-01. Она предназначена для производства биотоплива из растительных масел, полученных из семян рапса, подсолнечника, сои и других масличных культур, а также жиров животного происхождения.

Установка представляет собой конструкцию, состоящую из реактора, ёмкости для приготовления метоксида, вакуумной станции с водокольцевым насосом, центробежного герметического насоса, ёмкости для дистиллированной воды, эжектора, смесителя, шкафа управления, трубопроводов, смонтированных на едином основании.

Общий вид установки приведен на рисунке 2.



Рис. 2. Установка для производства биотоплива марки М8-КПБ.01

Когда температура исходного сырья достигает необходимого значения, при помощи центробежного насоса через эжектор и смеситель специальной конструкции происходит смешение исходного сырья с метоксидом, т.е. происходит реакция переэтерификации.

По завершении реакции переэтерификации смесь отстаивается до разделения на два слоя: верхнего – метиловых эфиров жирных кислот и нижнего – глицериновой фазы. Нижний слой затем удаляется в специальные ёмкости. Учитывая то, что за один раз не происходит полностью реакция переэтерификации (часть масла остаётся непрореагировавшим), проводят вторую стадию реакции (аналогично первой) - отстаивание смеси и слив глицериновой фазы. Оставшиеся сырые метиловые эфиры подвергаются последовательно промывке дистиллированной водой и нейтрализации (при необходимости) углекислым газом или соляной кислотой. После этого смесь опять отстаивается до разделения на два слоя. Нижний слой (промывочная вода с солями катализатора) удаляется, производится вакуумная сушка оставшейся жидкости для удаления остаточного метанола и влаги. Готовое биотопливо после фильтрации на специальных фильтрах, не входящих в состав установки, сливается в ёмкости, откуда может использоваться по назначению. Техническая характеристика установки М8-КПБ-01 приведена в таблице 1.

Таблица 1

*Техническая характеристика установки М8-КПБ-01*

Параметры	Значения
Производительность техническая, кг/ч, не менее	125
Продолжительность цикла, ч	8
Установленная мощность, кВт	60,1
Габаритные размеры, мм	
Длина	4160
Ширина	2240
Высота	2620
Масса, кг	2600

Указанная установка была смонтирована на АО «Алиментармаш» в специальном помещении, оборудованном водопроводом и вентиляцией, где и были проведены приёмочные испытания.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первая партия биодизеля (1400 л), полученного на установке по договору с Государственным аграрным университетом Молдовы, была использована при стендовом испытании на дизельном тракторном двигателе.

Анализы проведённые в химико-технологической лаборатории Молдавской железной дороги, в лаборатории "Химмотологии" Государственного аграрного университета Молдовы и в Техническом центре промышленной безопасности и сертификации показали, что биодизель полученный на установке М8-КПБ-01, по плотности (при 15°C), вязкости (при 40°C), температуре вспышки, йодному, кислотному числам и другим показателям полностью соответствует требованиям европейского стандарта EN 14214:2003.

К сожалению, определить все показатели качества (а их согласно EN 14214:2003 – 25) из-за отсутствия соответствующей базы в республике не представилось возможным. Поэтому было решено обратиться в Украинский научно-исследовательский институт нефтеперерабатывающей промышленности «МАСМА», где был проведен анализ биотоплива в полном объёме.

Результаты исследования биотоплива приведены в таблице 2.

Проведение приёмочных испытаний установки М8-КПБ-01 и положительные анализы представленного образца позволили в 2009 году провести сертификационные испытания установки и получить сертификат соответствия за № SNACP MD 1003 11 A 023548-09.

В сентябре 2009 года в Республике Молдова был принят национальный стандарт на биотопливо SM STB1657-2009 (EN 14214-2003). Все значения показателей, за исключением показателя «Содержание воды», полностью соответствуют значениям, приведённым в европейском стандарте EN 14214:2003.

Технико-экономические расчеты производства биодизеля на базе одного среднестатисти-

Таблица 2

## Показатели качества биотоплива

Наименование показателей	Норма согласно EN 14214:2003	Представленный образец
Содержание метиловых эфиров, % не менее	96,5	98,4
Плотность при температуре 15°C, кг/м <sup>3</sup>	860-900	886,3
Вязкость при температуре 40°C, мм <sup>2</sup> /с, в пределах	3,5-5,0	4,79
Температура вспышки в закрытом тигле, °C	120	168
Массовая доля серы, мг/кг, не более	10	10
Коксуемость 10-го остатка, %, не более	0,3	0,06
Цетановое число, не менее	51	51
Зольность, %, не более	0,02	0,005
Массовая доля воды, мг/кг, не более	50	50
Испытание на медной пластине	класс 1	класс 1
Кислотное число, мг КОН на 1 г топлива, не более	0,5	0,47
Массовая доля метанола, %, не более	0,2	0,005
Массовая доля моноглицеридов, %, не более	0,8	0,8
Массовая доля диглицеридов, %, не более	0,2	0,2
Массовая доля триглицеридов, %, не более	0,2	0,16
Массовая доля свободного глицерина, %, не более	0,02	0,01
Массовая доля общего глицерина, %, не более	0,25	0,25
Йодное число, не более	120	82,3
Содержание фосфора, мг/кг, не более	10	4,0
Содержание металлов I группы (Na, K), мг/кг	5,0	отсутствует
Содержание металлов II группы (Ca, Mg), мг/кг	5,0	отсутствует
Содержание метилового эфира линоленовой кислоты, %, не более	12,0	6,6
Содержание механических примесей, мг/кг	24,0	отсутствует
Окислительная стабильность, мин., не менее	360	более 360
Полиненасыщенные метиловые эфиры, %	1	0,8

ческого хозяйства Республики Молдова (в пределах 1000 га) при использовании 1/5 части земель (200 га) под масличные культуры, при 4-х летнем цикле возделывания сельскохозяйственных культур, позволяют хозяйству собрать порядка 425 т семян, из которых до 60% (230 т) для переработки на масло для потребления, а остальные 40% (195 т) для продажи как сырьё на экспорт. Это позволит получить до 73 тысяч литров биодизеля, что составляет 36% от общей потребности в топливе для обработки имеющихся в хозяйстве земель. Затраты на приобретение установки для производства биодизеля (30 тыс. евро) окупаются примерно за один год, а годовой экономический эффект от внедрения установки составит ~0,7 млн.леев.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанная конструкция установки и предлагаемая технология обеспечивают производство биотоплива из растительного масла с выходом готового продукта равным 96,5%;
2. Показатели качества полученного биодизеля отвечают требованиям принятых стандартов;
3. Энергетические показатели дизельного двигателя, работающего на биотопливо при стендовых испытаниях, изменяются незначительно по сравнению с работой двигателя на дизельном топливе.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Biocombustibili: biodiesel, sun diesel / Gheorghe, Hubca, Angela, Lupu, Corneliu, Anton Cociasu. București, Matrix Rom, 2008, 497 p.
2. SM STB 1657:2009 (EN 14214:2003). Combustibili pentru motoare cu ardere internă. Esteri metilici ai acizilor grași (FAME) pentru motoare diesel. Cerințe tehnice și metode de încercare.

Data prezentării articolului – 01.06.2010